

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

PAT-NO: JP411042560A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11042560 A
TITLE: FATIGUE STRENGTH REINFORCING WORK METHOD OF CAST STEEL-MADE CRANKSHAFT AND DEVICE THEREOF

PUBN-DATE: February 16, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HAMADA, TAKESHI	
OCHI, TOSHIYUKI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
KOBE STEEL LTD	N/A

APPL-NO: JP09203473
APPL-DATE: July 29, 1997
INT-CL (IPC): B24B039/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cast steel-made crankshaft improving a fatigue strength of cast steel base material equally to forged steel and rolled material of the same strength level, enhancing strength reliability, and stabilizing a quality, and provide a cast steel-made crankshaft attaining efficiency of hot roll work, improving productivity, so as to reduce a cost.

SOLUTION: This fatigue strength reinforcing work method of a cast steel- made crankshaft is constituted by a first process which pressure interposes a cast steel-made crankshaft C by a work roll 7 and a backup roll 5 rotated around an interposition center shaft thereof, and by a heating device of high frequency induction heater or the like provided adjacent to the work roll 7, while continuously heating a fillet F part of the crankshaft C, to continuously perform hot roll work in the fillet F part by the work roll 7, and a second process which performs heat treatment for thermal refining of the crankshaft C via this first process so as to obtain a strength level equal to cast steel material before work. Relating to this method, in order to improve fatigue strength, a third process performing cold roll work is additionally provided.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-42560

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月16日

(51) Int.Cl.⁶

B 2 4 B 39/04

識別記号

F I

B 2 4 B 39/04

A

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平9-203473

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月29日

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 ▲濱▼田 猛

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 落 敏行

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号

株式会社神戸製鋼所高砂製作所内

(74) 代理人 弁理士 明田 莞

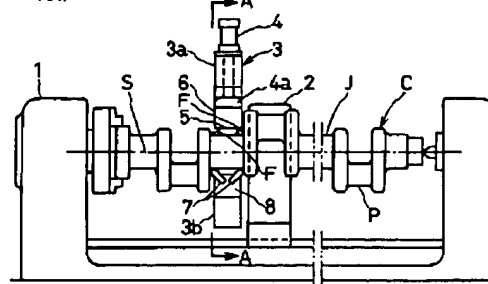
(54) 【発明の名称】 鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法並びにその装置

(57) 【要約】

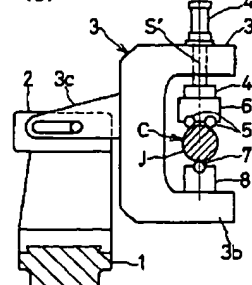
【課題】 鋳鋼母材の疲労強度を同じ強度レベルの鍛鋼や圧延材と同等に向上させて、強度信頼性が高く、かつ、品質が安定した鋳鋼製クランク軸を提供する。又、熱間ロール加工作業の効率化を図って、生産性の向上により低コストの鋳鋼製クランク軸を提供する。

【解決手段】 鋳鋼製クランク軸Cをワークロール7とバックアップロール5とで加圧挟持し、該挟持中心軸の回りに回転させ、さらに、ワークロール7に近接して設けた高周波誘導加熱装置10等の加熱装置によりクランク軸CのフィレットF部を連続的に加熱しながらワークロール7によりフィレットF部を連続的に熱間ロール加工する第1工程と、この第1工程を経たクランク軸Cを該加工前の鋳鋼材と同強度レベルになるように調質のための熱処理を行なう第2工程とによって、鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法が構成される。また、この方法に対して疲労強度向上のために冷間ロール加工を行う第3工程が追加される。

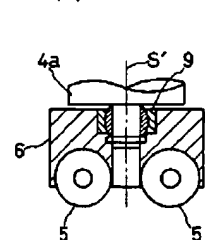
(a)



(b)



(c)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 鋳鋼製クランク軸をワークロールとバックアップロールとで加圧挟持するとともに、該挟持中心軸の回りに回転させ、さらに、ワークロールに近接して設けた加熱装置により前記クランク軸のフィレット部を連続的に加熱しながらワークロールにより前記フィレット部を連続的に熱間ロール加工する第1工程と、この第1工程で熱間ロール加工した前記クランク軸を該加工前の鋳鋼材と同強度レベルになるように調質のための熱処理を行なう第2工程とを含むことを特徴とする鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法。

【請求項2】 クランク軸のフィレット部を連続的に加熱するための前記加熱装置が高周波誘導加熱装置である請求項1記載の鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法。

【請求項3】 前記第2工程で熱処理した鋳鋼製クランク軸のフィレット部をさらに疲労強度向上のために冷間ロール加工する第3工程を追加して含む請求項1又は2に記載の鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法。

【請求項4】 引張強度が40～70kg/mm²の鋳鋼材からなる鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工を行なうものである請求項1、2又は3に記載の鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法。

【請求項5】 鋳鋼製クランク軸をワークロールとバックアップロールとで加圧挟持するクランク軸保持手段と、このクランク軸保持手段が加圧挟持した前記クランク軸を該挟持中心軸の回りに回転させる回転駆動手段と、前記ワークロールの前縁に近接して設けられ、前記クランク軸保持手段が加圧挟持した前記クランク軸のフィレット部を連続的に加熱する高周波誘導加熱装置とを含み、ワークロールが前記フィレット部に対するロール接触角度 θ 、すなわちワークロールの回転軸に直交する面と前記挟持中心軸に直交する面との交差角度が $35^{\circ} \leq \theta \leq 60^{\circ}$ に設定され、ワークロールの外周弧面部の半径 $r1$ と前記フィレット部の半径 $r2$ との比 $R = r1 / r2$ が $0.6 \leq R \leq 0.95$ に設定されてなることを特徴とするクランク軸加工用熱間ロール加工装置。

【請求項6】 ワークロールとバックアップロールとによる加圧力が常温ヘルツ面圧換算で400kg/mm²以上であり、高周波誘導加熱装置が前記クランク軸の表面温度を1000℃以上に加熱保持し得る加熱能力を有する請求項5記載のクランク軸加工用熱間ロール加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鋳鋼製クランク軸の疲労強度を増強するための加工方法並びに該加工方法の実施に好適に用いられる熱間ロール加工装置に関し、更に詳細には、鋳鋼製クランク軸をそのフィレット部における疲労強度の向上を図るために主として熱間ロール加工により加工処理を行なわせる鋳鋼製クランク軸の疲

勞強度増強加工方法並びにその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】応力集中部である軸フィレット部を冷間ロール加工することによって疲労強度が向上することは周知の技術であるが、エンジン内燃機関部品であるクランク軸に関してその高応力発生部であるピン・フィレット部（クランクピンとクランクウェブのコーナー部）及びジャーナル軸フィレット部（ジャーナル軸とクランクウェブのコーナー部）に冷間ロール加工を適用し、クランク軸最弱部であるフィレット部の疲労強度を向上させる方法や装置に関する研究開発は数多く成されており、また、発明・考案の提案も多く行なわれている。

【0003】しかしながら鋳鋼製クランク軸の場合、ミクロ・シユリンケージと呼ばれる直径 $\phi 500 \mu m$ 程度の鑄造欠陥があるとこれが疲労破壊の起点となり、クランク軸の設計安全率は十分に達成しているとしても該クランク軸の疲労強度を低下させ、疲労強度バラツキの原因となっている場合がある。このことは図5に×印でプロット示される通りである。

【0004】クランク軸フィレット部をロール加工する従来の冷間ロール加工装置としては、本出願人によって特願平7-113216号で提案されたもの等の先行技術があり、このような冷間ロール加工装置によって加工されたクランク軸においては、その最弱部であるフィレット部の表面粗さ性状は、図6に示すように加圧力を常温ヘルツ面圧換算で増加させることによって大きく改善することができるようになっている。しかし、表面及び表面近傍に存在する鑄造欠陥を圧着し得るところまでには至っていない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、クランク軸についてはフィレットのコーナーR中心付近の表面部には応力集中による高応力が発生し、その内部（ピン及びジャーナル軸中心）に向けて図7に示すような応力勾配が存在している。このような高応力発生部の表面及び表面近傍に、疲労強度を低下させる要因である鑄造欠陥が存在したとすれば、母材の疲労強度は低下し、また、鑄造欠陥の存在形態によって疲労強度にバラツキが存在することは広く知られるところである。

【0006】最悪の場合、鑄造欠陥の存在によって母材の疲労強度は顕著に低下し、表面及び表面近傍に発生する高応力に対する母材の耐疲労強度が下回った場合には疲労損傷に至る。殊に、変動荷重の下での使用が余儀なくされるクランク軸では、品質が安定し、かつ、強度に対する信頼性の高いものが要求され、これらの顧客要求を満足させるためにも、鋳鋼製クランク軸における鑄造欠陥を積極的に圧着することができ加工技術を提供することは、製作者側における重要課題であるといわれている。

【0007】そこで本発明は、鋳鋼製クランク軸の最弱

部であるフィレット部の表面及び表面近傍の箇所に対して、冷間ロール加工技術と熱間圧延による欠陥圧着技術とを結合した上で応用し得るに至った新規な技術である熱間ロール加工を実施して、当該箇所が存在する鋳造欠陥を効果的に圧着することで、鋳鋼母材の疲労強度を同じ強度レベル（引張り強さ）の鍛鋼や圧延材と同等に向上させる（図5参照）ようにすることによって、強度信頼性が高く、かつ、品質が安定した鋳鋼製クランク軸を提供することを目的とするものである。更に本発明は、熱間ロール加工作業の効率化を図って、生産性の向上により低コストの鋳鋼製クランク軸を提供し得る経済的効果を果たさせることもまた目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の目的を達成するため以下に述べる構成としたものである。即ち、本発明のうち請求項1の発明は、鋳鋼製クランク軸をワークロールとバックアップロールとで加圧挟持するとともに、該挟持中心軸の回りに回転させ、さらに、ワークロールに近接して設けた加熱装置により前記クランク軸のフィレット部を連続的に加熱しながらワークロールにより前記フィレット部を連続的に熱間ロール加工する第1工程と、この第1工程で熱間ロール加工した前記クランク軸を該加工前の鋳鋼材と同強度レベルになるように調質のための熱処理を行なう第2工程とを含むことを特徴とする鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法である。

【0009】また、本発明のうち請求項2の発明は、請求項1記載の疲労強度増強加工方法において、クランク軸のフィレット部を連続的に加熱するための前記加熱装置が高周波誘導加熱装置であることを特徴とする。

【0010】また、本発明のうち請求項3の発明は、請求項1又は2に記載の疲労強度増強加工方法において、前記第2工程で熱処理した鋳鋼製クランク軸のフィレット部をさらに疲労強度向上のために冷間ロール加工する第3工程を追加して含む構成としたことを特徴とする。

【0011】また、本発明のうち請求項4の発明は、請求項1、2又は3に記載の疲労強度増強加工方法が、引張強度が40～70kg/mm²の鋳鋼材からなる鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工を行なうものであることを特徴とする。

【0012】また、本発明のうち請求項5の発明は、請求項1乃至3の疲労強度増強加工方法の実施に好適に用いられるクランク軸加工用熱間ロール加工装置であり、鋳鋼製クランク軸をワークロールとバックアップロールとで加圧挟持するクランク軸保持手段と、このクランク軸保持手段が加圧挟持した前記クランク軸を該挟持中心軸の回りに回転させる回転駆動手段と、前記ワークロールの前縁に近接して設けられ、前記クランク軸保持手段が加圧挟持した前記クランク軸のフィレット部を連続的に加熱する高周波誘導加熱装置とを含み、ワークロール

が前記フィレット部に対するロール接触角度 θ 、すなわちワークロールの回転軸に直交する面と前記挟持中心軸に直交する面との交差角度が $35^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$ に設定され、ワークロールの外周弧面部の半径 r_1 と前記フィレット部の半径 r_2 との比 $R = r_1 / r_2$ が $0.6 \leq R \leq 0.95$ に設定されてなることを特徴とする。

【0013】また、本発明のうち請求項6の発明は、請求項5記載のクランク軸加工用熱間ロール加工装置において、ワークロールとバックアップロールとによる加圧力が常温ヘルツ面圧換算で400kg/mm²以上であり、高周波誘導加熱装置が前記クランク軸の表面温度を1000℃以上に加熱保持し得る加熱能力を有するものであることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の例について添付図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の実施の形態の例である熱間ロール加工装置の概要構成を示し、(a)図は正面図、(b)図は(a)図のA-A線矢視側面図、(c)図は要部構成を示す断面図、図2は、図1図示熱間ロール加工装置の要部構成を示し、(a)図はクランク軸保持手段の正面図、(b)図は(a)図における要部拡大図、(c)図はフィレット部の拡大断面図である。

【0015】図1及び図2において、1は旋回装置で実現される回転駆動手段であって、この旋回装置1は、大型旋盤に類似のもので、その駆動回転軸芯Sと被加工軸としての鋳鋼製クランク軸（以降、クランク軸と称す）Cを加圧挟持するクランク軸保持手段（後述する）の挟持中心軸の軸心とが合致するようにセンタリングして、該クランク軸Cを回転させる構成とされている。また、2はロールフレームスタンドであって、このロールフレームスタンド2は、旋回装置1の後側に配設されていて、該旋回装置1の駆動回転軸芯Sに対し平行に移動可能に設けられている。なお、ここでは図示を省略したが、このロールフレームスタンド2には、該ロールフレームスタンド2を移動させる駆動機構が内設されている。

【0016】3はロールフレームで実現されるクランク軸保持手段であって、このロールフレーム3は、前方を開口させたコの字状に形成され、旋回装置1の駆動回転軸芯Sと直交する方向に配されると共に、その後部の連結アーム3cおよび図示省略のリンク機構等の公知の連結手段を介して、ロールフレームスタンド2に揺動可能に支持されている。また、このロールフレーム3のコの字状に開口して対向する両先端部の内の上方の先端部3aには、下方の先端部3b内側面に直交する線に沿って該下方の先端部3b方向に進退する加圧ヘッド4aを有するシリンダ装置4を装着している。そして、このロールフレーム3の上方の先端部3aに装着された油圧シリンダ4の加圧ヘッド4aには、ロールホルダ6に回転自

由に保持された前後方向で対のバックアップロール5が、また、下方の先端部3bの内側面上には、ロールホルダ8に回転自由に保持された左右方向で対のワークロール7が、互いに加圧ヘッド4aの作動中心線S'上で対向させられて、各々のロールホルダ6, 8を介して着脱可能に取り付けられている。更にまた、加圧ヘッド4aに取り付けられたバックアップロール5のロールホルダ6と該加圧ヘッド4aとの間には、図1-(c)図に示すように、球面軸受9が介装されている。

【0017】上記構成の本実施形態に係る熱間ロール加工装置では、図1-(b)図に示すように、旋回装置1により回転軸芯中心に回転させられるクランク軸CのジャーナルJまたはピンPを、ロールフレーム3のバックアップロール5とワークロール7とで挟むと共に、油圧シリンダ4によりバックアップロール5を圧下させてワークロール7との間で加圧挟持することで、その両側のファイレット部Fに対関係を成し設けられるワークロール7を押圧しロール加工する。そして、ロールフレームスタンド2を移動させることで、該ロールフレーム3をクランク軸Cの回転軸芯方向に移動させて各ジャーナルJおよびピンPを順次個別にロール加工する。なお、ピンPのファイレット部をロール加工する場合には、ロールフレーム3を該ピンPのスイング回転に追従して揺動させる。

【0018】ここで本実施形態装置では、ワークロール7とバックアップロール5とを、該バックアップロール5を押圧する加圧ヘッド4aの作動中心線S'上で対向させているので、被加工クランク軸の軸径が変更されても、常にその軸芯に対して180°で対向する両側方から加圧挟持して、安定したロール加工を行うことができる。更に、バックアップロール5のロールホルダ6と加圧ヘッド4aとの間に球面軸受9を介装しているため、スイング回転するクランク軸CのピンPを加工する場合、そのピンPの動きに対して対のバックアップロール5を円滑に沿わせて追従動させ、対向するワークロール7との間のピンPの挟圧を確実なものとすることができる。

【0019】また、本実施形態に係る熱間ロール加工装置における被加工クランク軸の挟圧は、従来装置のようにロールフレームをペンチ状に開閉動させることなく、油圧シリンダの押力で直接的に行うので、そのロールフレームを一体に形成することができ、これにより構造を簡易化できると共に構造強度を高めてよりコンパクトなものとすることができ、更には、該ロールフレームを揺動可能に支持するリンク機構等に対する負荷を軽減して装置全体の簡素化も図ることができる。また、クランク軸のジャーナルおよびピンのファイレット部Fをロール加工する場合、従来装置のように各ジャーナルおよびピンごとに専用のロールフレームを配置することなく、1つのロールフレームにて各ジャーナル(図1-(a)参照)およびピン(図2-(a)参照)をロール加工できるので、装

置構成をより簡易なものとすることができる。

【0020】このような構成になる上記熱間ロール加工装置には、図2-(b)に拡大示されるように、高周波誘導加熱装置10が設けられている。この高周波誘導加熱装置10は、ワークロール7の前記ファイレット部Fに対向する前縁に近接して配設されていて、誘導加熱コイル11と制御電源部12とにより構成される。誘導加熱コイル11は、ワークロール7の前縁に対しその前方位置において、被加工クランク軸のファイレット部Fに当接する個所あるいは略当接し得る至近個所に配設される。一方、制御電源部12は、ロールフレーム3のワークロール7に近い適宜個所に取り付けられていて、調節制御された高周波電源を誘導加熱コイル11に印加し得るように設けられる。このような高周波誘導加熱装置10は、熱間ロール加工運転中において、前記ファイレット部Fを表面温度1000℃以上に連続的に加熱し得ようになっている。

【0021】上記熱間ロール加工装置を主要装置に用いて行なう本発明に係る鋳鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法について以下に説明する。まず被加工材であるクランク軸としては、材料の引張強度が40~70kg/mm²の鋳鋼品からなる鋳鋼製クランク軸Cを適用することが好ましい。一方、ワークロール7については、これをクランク軸のファイレット部Fに当接させるに際して以下に示される条件を満足させることが必要である。すなわち、ワークロール7が前記ファイレット部Fに対するロール接触角度 θ (ワークロール7の回転軸に直交する面とロールフレーム3の前記挟持中心軸に直交する面との交差角度:図2-(c)参照)を $35^{\circ} \leq \theta \leq 60^{\circ}$ の範囲の所定の角度に設定するとともに、ワークロール7の外周弧面部の半径 r_1 とファイレット部Fの半径 r_2 との比 $R(=r_1/r_2)$ を $0.6 \leq R \leq 0.95$ 範囲の所定の値に設定する。また、ファイレット部Fを表面温度1000℃以上に連続的に加熱し得るよう高周波誘導加熱装置10の加熱能力を制御する。

【0022】このように初期条件を設定した後、クランク軸Cをワークロール7とバックアップロール5とで加圧挟持し、かつ、前記挟持中心軸の回りに回転させるとともに、高周波誘導加熱装置10によってファイレット部Fの表面温度を1000℃以上に連続的に加熱しながら、ワークロール7によってファイレット部Fの熱間ロール加工を連続的に行なう(第1工程)。

【0023】上記第1工程が終了すると、続いて熱間ロール加工を施したクランク軸Cに対して該加工前の鋳鋼材と同強度レベルになるように調質のための熱処理を行なう(第2工程)。この熱処理は後述するが、残留応力解放のための熱処理(SR処理)に他ならないものである。通常は以上の第1工程と第2工程の2工程を行なわねば十分であって、後は大気冷却等で冷却することにより疲労強度が増強された鋳鋼製クランク軸のファイレ

トロール加工が終了するが、更に、疲労強度を向上させる必要がある場合には、第2工程の終了に引き続いて一般的に行なわれている冷間ロール加工（第3工程）を行なわせれば良い。

【0024】このようにして全てのファイレットロール加工が終了した後、仕上げ加工を行なって顧客仕様に基づくスムーズな曲率のファイレット形状に仕上げることにによって、クランク軸のロール加工の一切が完了する。

【0025】一般に鑄造欠陥のない、または、熱間圧延や熱間鍛造により鑄造欠陥を圧着した材料の疲労強度は引張強度の約半分（上限）であることは周知である。しかし、鑄鋼では防ぐことのできない小さな鑄造欠陥は必ず存在し、かつ、不規則に分布するものである。そのため、疲労の起点は前述のように構造上過大な応力がかかるファイレット部に存在する鑄造欠陥のような弱点から発生する。

【0026】そこで熱間ロール加工を行えば、現象的には、加熱によって被加熱表層部を柔らかくし、ロール加工によって表層部に存在する小さな鑄造欠陥を圧着させ、これによって、欠陥として疲労強度を低下させることがないよう極く小さく圧着して分散させれば潰された鑄造欠陥が疲労起点とはなり得ないことから、鑄造欠陥が存在しない圧延材（鑄塊であっても、熱間圧延による同作用で疲労強度が引張強度の約半分となる）や鍛鋼材（鑄塊であっても、熱間鍛造による同作用で疲労強度が引張強度の約半分となる）と同様に引張強度の約半分の表層部の欠陥によりバラツキのない疲労強度となる。

【0027】熱間ロール加工を施せば、以上述べたような欠陥を圧着させる作用と共に加熱部位には高温から常温に戻る（大気冷却による）際の熱応力や組織変態が生じ、一方、ロール加工部位には冷間ロール加工の効果と同様、局所的な（塑性）変形による圧縮残留応力や加工硬化が起こる。従って、熱間ロール加工を施したままの状態では出荷し使用したとすると、これらの複雑な影響因子によって強度保証が難しくなる。そこで、熱間ロール加工後、前記SR処理することによって全ての影響因子をクリアし、均一な母材強度に整えるのである。勿論、圧着された鑄造欠陥は当然ながらまた開くことはない。

【0028】熱間ロール加工の際の加熱温度としては、ファイレット部の表面温度で1000℃以上が必要であり、この温度条件は鑄鋼の軟化温度に相当する温度であって、1000～1200℃の範囲が適当である。一方、ワークロール7とバックアップロール5とによる加圧力は、前述する如く、常温ヘルツ面圧換算で400kg/mm²以上であることが条件であるが、この400kg/mm²の値は、常温でロール加工した場合でも、図7で示すようにかなり大きい鑄造欠陥が存在する鑄鋼母材の疲労強度が、クランク軸ファイレット部の応力集中を考慮した場合のファイレット部表面からの深さにおいて必要な強度を十分に持たせて組成変形させることができる値であり、

概して（本発明の実施の形態に係る加工装置のクランク軸の場合）表面下10mm程度までは塑性変形する値である。従って、温度による母材の変形抵抗値にもよるが、疲労強度を大きく低下させる近傍の欠陥は十分に圧着されるため、疲労強度は向上すると当然考えられる。この加圧力を増せば、さらに深い個所まで圧着効果が期待できるが、図1図示実施形態に係る加工装置のクランク軸形状では、装置面からの制約を考慮して400kg/mm²程度が上限値である。

【0029】

【実施例】本発明に係る鑄鋼製クランク軸の疲労強度増強加工方法の効果を明らかにするために、引張強さが57kg/mm²の実体クランク軸を試験片として上記加工処理を施した後、試験機にかけて疲労試験を行なった。その試験の結果を以下に示す。この場合、実体クランク軸は表面温度1000℃、加圧力400kg/mm²の条件下で、熱間ロール加工装置によりファイレットロール加工を行なった後、残留応力解放のためのSR熱処理をして、このSR熱処理された実体クランク軸を試験機にかけて疲労試験を行ない、疲労強度を確認した。なお、使用した試験機は、図4に図示する共振型疲労試験機であって、振動を加えて試験片である鑄鋼製クランク軸に曲げ応力を付与するようにした装置である。

【0030】疲労強度の試験結果は、図3に示される通りであり、熱間ロール加工した実体クランク軸の疲労強度は、黒三角印でプロットするように、圧延材、鍛鋼材と同等の値を有していて、熱間ロール加工をしない鑄鋼（白三角印でプロットされる）に比して高い疲労強度を保有していることが明らかである。

【0031】

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実施され、以下に記載されるような効果を奏する。

【0032】上記実施例の結果からも明らかなように、本発明によれば、高周波誘導加熱を行いながら熱間ロール加工することによって、クランク軸における特にファイレット部の表面及び表面近傍の鑄造欠陥を圧着し、鑄鋼母材の疲労強度を同強度レベル（引張強さ）の圧延材、鍛鋼材と同等の域まで向上させることができる。しかも高周波加熱装置による加熱時間は、加熱コイルの長さなど形状の変更や、加熱部材と加熱コイルの距離、周波数の変更により、更なる短時間加熱が可能であって、品質面及び生産性の面で向上が図られる。

【0033】以上のように、高温加熱を行いながら熱間ロール加工を迅速に行なうことにより、鑄鋼母材の疲労強度やバラツキを改善して、機械的強度に信頼性が高いクランク軸を容易に提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の例である熱間ロール加工装置の概要構成を示し、(a)図は正面図、(b)図は(a)図のA-A線矢視側面図、(c)図は要部構成を示す断面

図である。

【図2】図1図示熱間ロール加工装置の要部構成を示し、(a)図はクランク軸保持手段の正面図、(b)図は(a)図におけるワークロール7付近部の拡大図、(c)図はフィレット部の拡大断面図である。

【図3】本発明方法を実施して得られた試験片における熱間ロール加工の効果を示す特性線図である。

【図4】共振型疲労試験機の概要構造図である。

【図5】鋳鋼の疲労限と引張強さの関係線図である。

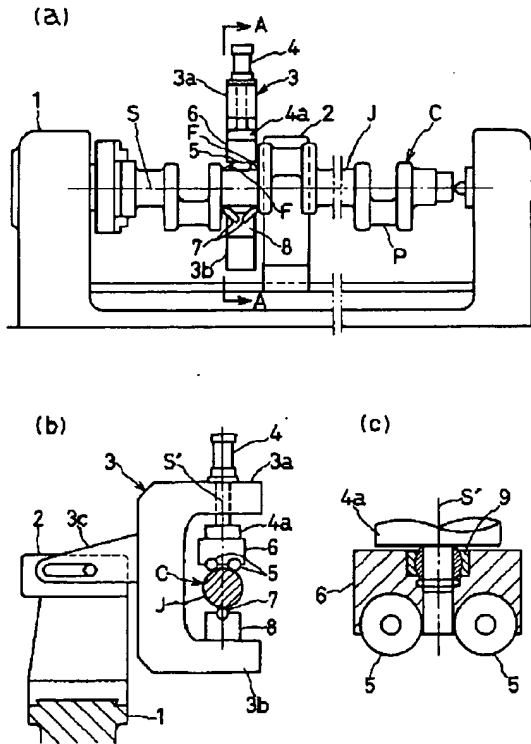
【図6】鋳鋼の表面粗さとヘルツ面圧の関係線図である。

【図7】鋳鋼の疲労強度低下要因を説明する応力とフィレット部表面からの深さの関係線図である。

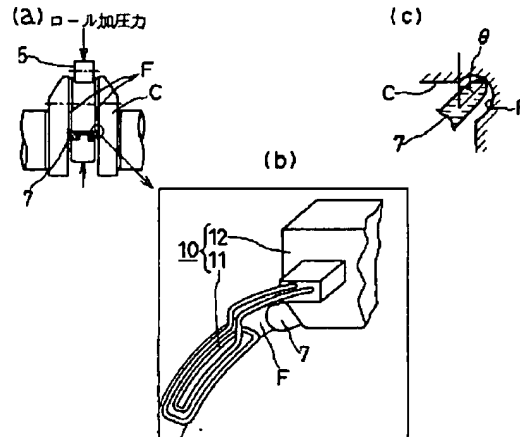
【符号の説明】

1…旋回装置、 2…ロールフレームスタンド、
3…ロールフレーム、3a…上方の先端部、 3b…
下方の先端部、 3c…連結アーム、4…油圧シリン
ダ、 4a…加圧ヘッド、 5…バックアップロー
ル、6…ロールホルダ、 7…ワークロール、 8
…ロールホルダ、9…球面軸受、 10…高周波誘導
加熱装置、 11…誘導加熱コイル、12…制御電源
部、 C…クランク軸、 F…フィレット部、
10 J…ジャーナル、 P…ピン、 S…駆
動回転軸芯、S'…作動中心線、 θ …ロール接触
角度、

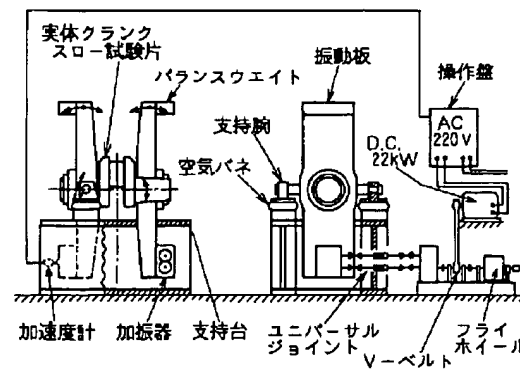
【図1】



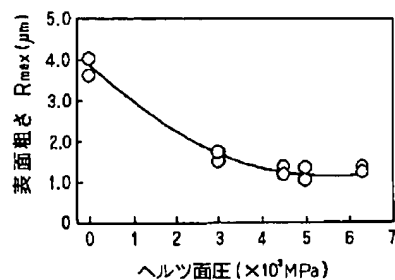
【図2】



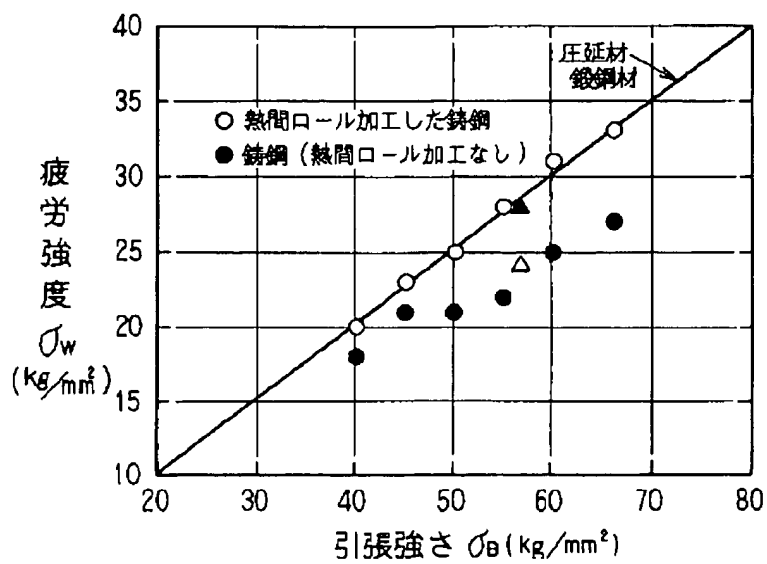
【図4】



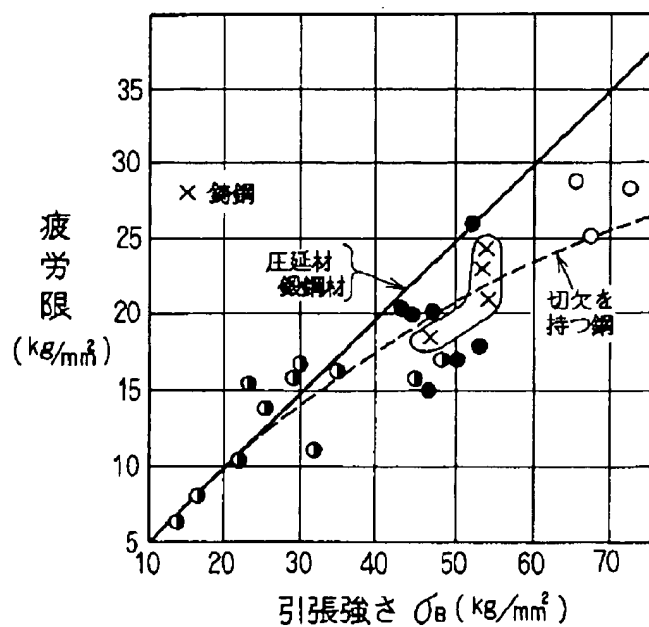
【図6】



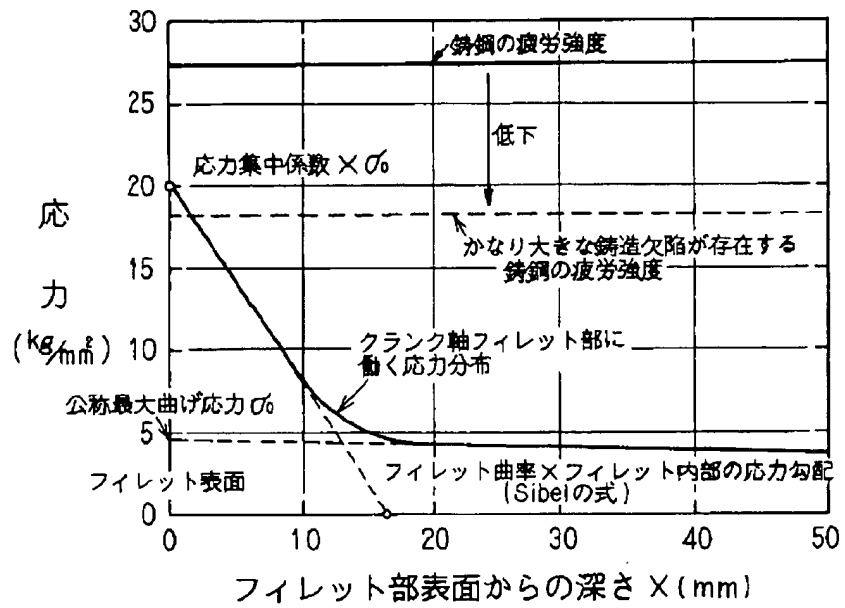
【図3】



【図5】



【図7】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] About the heat roll processing equipment used suitable for operation of the processing method for reinforcing the fatigue strength of the crankshaft made from steel casting, and this processing method, still in detail, this invention relates to the fatigue strength reinforcement processing method of the crankshaft made from steel casting to which processing processing is made to perform mainly by heat roll processing, and its equipment, in order to aim at improvement in fatigue strength [in / the fillet section / for the crankshaft made from steel casting].

[0002]

[Description of the Prior Art] Although it is well-known technology that fatigue strength improves by carrying out cold roll processing of the axial fillet section which is stress raisers Cold roll processing is applied to the pin fillet section (corner section of a crank pin and crank Webb) and the journal shaft fillet section (corner section of a journal shaft and crank Webb) which are the high stress generating section about the crankshaft which are engine internal combustion engine parts. Many research and development about the method and equipment which raise the fatigue strength of the fillet section which is crankshaft maximum **** are accomplished, and many proposals of invention and a design are also performed.

[0003] However, in the case of the crankshaft made from steel casting, if there is an about [diameter $\phi 500$ micrometer] casting defect called micro shrinkage, this will serve as an origin of fatigue breaking, and though the design safety factor of a crankshaft is fully attained, it may reduce the fatigue strength of this crankshaft, and it may cause fatigue strength variation. This is as plot ** being carried out by x mark at drawing 5.

[0004] As conventional cold roll processing equipment which carries out roll processing of the crankshaft fillet section In the crankshaft which there is advanced technology, such as what was proposed by these people by Japanese Patent Application No. No. 113216 [seven to], and was processed by such cold roll processing equipment When a character makes welding pressure increase by ordinary temperature Hertz planar pressure conversion in the surface coarseness of the fillet section which is the maximum **** as shown in drawing 6, it can improve greatly. However, it has not resulted by the place which may stick by pressure the casting defect which exists near a front face and the front face.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, about a crankshaft, the high stress by stress concentration occurs in the surface section near the corner R center of a fillet, and stress inclination as shown in drawing 7 towards the interior (a pin and journal shaft center) exists. If the casting defect which is the factor which reduces fatigue strength existed such near the front face of the high stress generating section, and the front face, it is just going to be known widely that the fatigue strength of a base material falls and variation exists in fatigue strength according to a casting defect's existence form.

[0006] When the worst, the fatigue strength of a base material falls notably by existence of a casting

defect, and when the fatigue strength-proof of a base material to the high stress generated near a front face and the front face is less, it results in fatigue damage. It is said that it is an important problem by the side of a manufacturer to offer the processing technology which can stick positively the casting defect in the crankshaft made from steel casting by pressure in order to stabilize quality, and to require what has high reliability to intensity and to satisfy these customer demands to the crankshaft to which the use under a fluctuating load is obliged especially.

[0007] Then, this invention receives the part the front face of the fillet section which is the maximum **** of the crankshaft made from steel casting, and near the front face. after combining cold roll processing technology and the defective sticking-by-pressure technology by hot rolling, it was able to come to apply -- heat roll processing which is new technology being carried out, and the casting defect which exists in the part concerned by being stuck by pressure effectively By [which are made like] raising the fatigue strength of a steel-casting base material on a par with the forged steel of the same on-the-strength level (tensile strength), or a rolled stock (referring to drawing 5), on-the-strength reliability is high, and it aims at offering the crankshaft made from steel casting by which quality was stabilized. Furthermore, this invention makes it the purpose to attain the increase in efficiency of heat roll processing work, and to also make the economical effect that the crankshaft made from steel casting of a low cost can be offered by improvement in productivity achieve.

[0008]

[Means for Solving the Problem] this invention is considered as the composition described below in order to attain the above-mentioned purpose. Namely, while invention of a claim 1 carries out pressurization pinching of the crankshaft made from steel casting by the work roll and the back up roll among this inventions The 1st process which is rotated around this pinching medial axis, and carries out heat roll processing of the aforementioned fillet section continuously by the work roll further while heating the fillet section of the aforementioned crankshaft continuously with the heating apparatus approached and formed in the work roll, It is the fatigue strength reinforcement processing method of the crankshaft made from steel casting characterized by including the 2nd process which performs heat treatment for a temper so that the aforementioned crankshaft which carried out heat roll processing at this 1st process may be set to the steel-casting material and this on-the-strength level before this processing.

[0009] Moreover, invention of a claim 2 is characterized by the aforementioned heating apparatus for heating the fillet section of a crankshaft continuously being high-frequency-induction-heating equipment in the fatigue strength reinforcement processing method according to claim 1 among this inventions.

[0010] Moreover, invention of a claim 3 is characterized by considering as the composition which adds and includes the 3rd process which carries out cold roll processing of the fillet section of the crankshaft made from steel casting heat-treated at the 2nd process of the above further for the improvement in fatigue strength in the fatigue strength reinforcement processing method according to claim 1 or 2 among this inventions.

[0011] Moreover, invention of a claim 4 is characterized by the fatigue strength reinforcement processing method according to claim 1, 2, or 3 being that to which tensile strength performs fatigue strength reinforcement processing of the crankshaft made from steel casting which consists of steel-casting material of 2 mm 40-70kg /among this inventions.

[0012] Moreover, invention of a claim 5 is heat roll processing equipment for crankshaft processing used suitable for operation of a claim 1 or the fatigue strength reinforcement processing method of 3 among this inventions. The crankshaft maintenance means which carries out pressurization pinching of the crankshaft made from steel casting by the work roll and the back up roll, The rotation driving means which rotate the aforementioned crankshaft in which this crankshaft maintenance means carried out pressurization pinching around this pinching medial axis, It is approached and prepared in the first transition of the aforementioned work roll, and the high-frequency-induction-heating equipment which heats continuously the fillet section of the aforementioned crankshaft in which the aforementioned crankshaft maintenance means carried out pressurization pinching is included. The degree of crossed axes angle of the field as for which a work roll carries out a rectangular difference to the axis of rotation,

the degree theta of roll contact angle, i.e., the work roll, to the aforementioned fillet section, and the field which carries out a rectangular difference to the aforementioned pinching medial axis is set as 35 degrees $\leq \theta \leq 60$ degrees. radius r_1 of the periphery arc surface section of a work roll Radius r_2 of the aforementioned fillet section a ratio $-- R = r_1 / r_2$ It is set as $0.6 \leq R \leq 0.95$, and is characterized by the bird clapper.

[0013] Moreover, among this inventions, in the heat roll processing equipment for crankshaft processing according to claim 5, the welding pressure by the work roll and the back up roll is two or more [400kg //mm] in ordinary temperature Hertz planar pressure conversion, and invention of a claim 6 is characterized by high-frequency-induction-heating equipment being what has the heating capacity which can carry out heating maintenance of the skin temperature of the aforementioned crankshaft at 1000 degrees C or more.

[0014]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, it explains, referring to an accompanying drawing about the example of the gestalt of operation of this invention. Drawing 1 shows the outline composition of the heat roll processing equipment which is the example of the gestalt of operation of this invention. (a) view is front view. (b) view (a) A-A line view side elevation of a view, The cross section (c) showing important section composition and drawing 2 The important section composition of drawing 1 illustration heat roll processing equipment is shown. The (a) view is the front view of a crankshaft maintenance means. (b) view Important section enlarged view in the (a) view, The (c) view is an expanded sectional view of the fillet section.

[0015] In drawing 1 and drawing 2, 1 is rotation driving means realized with a slewing gear, and centering of this slewing gear 1 is carried out so that the axial center of the pinching medial axis of the crankshaft maintenance means (it mentions later) which is a like and carries out pressurization pinching of the crankshaft made from steel casting (crankshaft is called henceforth) C as the drive axis-of-rotation heart S and a processed shaft at a large-sized engine lathe may agree, and it is considered as the composition which rotates this crankshaft C. Moreover, 2 is a roll frame stand, and this roll frame stand 2 is arranged in the posterior of a slewing gear 1, and is prepared possible [movement] in parallel to the drive axis-of-rotation heart S of this slewing gear 1. In addition, although illustration was omitted here, the drive to which this roll frame stand 2 is moved is installed inside this roll frame stand 2.

[0016] 3 is a crankshaft maintenance means realized with a roll frame, and this roll frame 3 is formed in the shape of [of KO to which opening of the front was carried out] a character, and it is supported by the roll frame stand 2 at the rockable through well-known connection meanses, such as a link mechanism of connection arm 3c of the rear, and an illustration abbreviation, while being allotted in the direction which intersects perpendicularly with the drive axis-of-rotation heart S of a slewing gear 1. Moreover, point 3a of the upper part of both the points that carry out opening to the shape of a character of KO of this roll frame 3, and counter it is equipped with the cylinder equipment 4 which has pressurization head 4a which moves in the direction of point 3b of this lower part along with the line which intersects perpendicularly with a downward point 3b inside side. and to pressurization head 4a of the oil hydraulic cylinder 4 with which upper point 3a of this roll frame 3 was equipped The back up roll 5 of a pair [the cross direction held to rotation freedom at the roll electrode holder 6] again on the inside side of downward point 3b The work roll 7 of a pair [the longitudinal direction held to rotation freedom at the roll electrode holder 8] is operation center line S' of pressurization head 4a mutually. It is made to counter in a top and is attached removable through each roll electrode holders 6 and 8. Furthermore, between the roll electrode holders 6 of a back up roll 5 and these pressurization head 4a which were attached in pressurization head 4a, as shown in a drawing 1 -(c) view, spherical bearing 9 is infixed again.

[0017] With the heat roll processing equipment concerning this operation form of the above-mentioned composition As shown in a drawing 1 -(b) view, while inserting Journal J or Pin P of crankshaft C rotated by the slewing gear 1 focusing on the axis-of-rotation heart by the back up roll 5 and work roll 7 of the roll frame 3 The work roll 7 which accomplishes an opposite relation in the fillet section F of the both sides, and is prepared in it by making a back up roll 5 press down with an oil hydraulic cylinder 4,

and carrying out pressurization pinching between work rolls 7 is pressed, and roll processing is carried out. And by moving the roll frame stand 2, this roll frame 3 is moved in the direction of the axis-of-rotation heart of crankshaft C, and roll processing of each journal J and the pin P is carried out individually one by one. In addition, when carrying out roll processing of the fillet section of Pin P, the roll frame 3 is followed and swing rotation of this pin P is made to rock it.

[0018] Operation center line S' of pressurization head 4a which presses this back up roll 5 for a work roll 7 and a back up roll 5 with this operation gestalt equipment here Since it is made to counter in a top, even if the shaft diameter of a processed crankshaft is changed, the axis is always received.

Pressurization pinching can be carried out from the method of the both sides which counter at 180 degrees, and stable roll processing can be performed. Furthermore, since spherical bearing 9 is infixed between the roll electrode holder 6 of a back up roll 5, and pressurization head 4a, when you process the pin P of crankshaft C which carries out swing rotation, it is made to ***** by making a pair of back up roll 5 meet smoothly to the movement of the pin P, and let compression of the pin P between the work rolls 7 which counter be a positive thing.

[0019] Moreover, compression of the processed crankshaft in the heat roll processing equipment concerning this operation gestalt Since it carries out directly by the pushing force of an oil hydraulic cylinder, without making the shape of ** NCHI carry out open closing of the roll frame like equipment before The roll frame can be formed in one, and while being able to simplify structure by this, structure intensity can be raised and it can consider as a compacter thing. further The load to the link mechanism which supports this roll frame to a rockable can be mitigated, and simplification of the whole equipment can also be attained. Moreover, since you can carry out roll processing of each journal (refer to drawing 1 -(a)) and the pin (refer to drawing 2 -(a)) with one roll frame, without arranging each journal and the roll frame of exclusive use at every pin like conventional equipment when carrying out roll processing of the journal of a crankshaft, and the fillet section F of a pin, let an equipment configuration be a simpler thing.

[0020] In the above-mentioned heat roll processing equipment which becomes such composition, it is drawing 2 . - High-frequency-induction-heating equipment 10 is formed so that (b) may ***** . This high-frequency-induction-heating equipment 10 is approached and arranged in the first transition which counters the aforementioned fillet section F of a work roll 7, and is constituted by the IH coil 11 and the control-power-source section 12. The IH coil 11 is arranged in the part or the near part which can carry out abbreviation contact which contacts the first transition of a work roll 7 at the fillet section F of a processed crankshaft in the front position of opposite *Perilla frutescens* (L.) Britton var. *crispa* (Thunb.) Decne. On the other hand, the control-power-source section 12 is attached in the proper part near the work roll 7 of the roll frame 3, and it is prepared so that the RF generator by which regulation control was carried out may be impressed to the IH coil 11. Such high-frequency-induction-heating equipment 10 can heat the aforementioned fillet section F now continuously at 1000 degrees C or more of skin temperatures during heat roll processing operation.

[0021] The fatigue strength reinforcement processing method of the crankshaft made from steel casting concerning this invention which uses the above-mentioned heat roll processing equipment for a major machine, and performs it is explained below. It is desirable to apply crankshaft made from steel casting C which 40-70kg /of tensile strength of material becomes from the steel castings of 2 mm as a crankshaft which is a work material first. On the other hand, about a work roll 7, it is required to satisfy the conditions which face to make this contact the fillet section F of a crankshaft, and are shown below. that is While a work roll 7 sets the degree theta of roll contact angle to the aforementioned fillet section F (the degree of crossed axes angle of the field which carries out a rectangular difference to the axis of rotation of a work roll 7, and the field which carries out a rectangular difference to the aforementioned pinching medial axis of the roll frame 3 : refer to drawing 2 -(c)) as the predetermined angle of the range of $35 \text{ degrees} \leq \theta \leq 60 \text{ degrees}$ radius r1 of the periphery arc surface section of a work roll 7 Radius r2 of the fillet section F a ratio -- $R (=r1 / r2)$ is set as the predetermined value of $0.6 \leq R \leq 0.95$ range Moreover, the heating capacity of high-frequency-induction-heating equipment 10 is controlled to be able to heat the fillet section F continuously at 1000 degrees C or more of skin temperatures.

[0022] Thus, after setting up initial condition, while carrying out pressurization pinching of the crankshaft C by the work roll 7 and the back up roll 5 and making it rotate around the aforementioned pinching medial axis, a work roll 7 performs heat roll processing of the fillet section F continuously, heating the skin temperature of the fillet section F continuously at 1000 degrees C or more with high-frequency-induction-heating equipment 10 (the 1st process).

[0023] An end of the 1st process of the above performs heat treatment for a temper so that it may be set to the steel-casting material and this on-the-strength level before this processing to crankshaft C which gave heat roll processing continuously (the 2nd process). Although this heat treatment is mentioned later, it is exactly heat treatment for residual-stress release (SR processing). Usually, what is necessary is just to make cold roll processing (the 3rd process) currently succeeding generally performed to the end of the 2nd process perform further, although it will be enough and fillet roll processing of the crankshaft made from steel casting with which fatigue strength was reinforced by cooling by air cooling etc. will end the rest, if 2 of the above process [1st] and the 2nd process processes are made to perform, when it is necessary to raise fatigue strength.

[0024] Thus, after all fillet roll processings are completed, all of roll processing of a crankshaft is completed by performing finish-machining and making the fillet configuration of smooth curvature based on customer specification.

[0025] Generally there is no casting defect or it is common knowledge that the fatigue strength of the material which stuck the casting defect by pressure with hot rolling or hot forging is the abbreviation half (upper limit) of tensile strength. However, in steel casting, the small casting defect which cannot be prevented surely exists, and is distributed irregularly. Therefore, the origin of fatigue is generated from a weak point like a casting defect where excessive stress exists in this fillet section on structure as mentioned above.

[0026] If heat roll processing is performed, then, in phenomenon Make the heated surface section soft by heating, and the small casting defect which exists in the surface section by roll processing is made to stick by pressure. by this fatigue strength is not reduced as a defect -- as -- **** -- the rolled stock (even if it is an ingot) in which a casting defect does not exist since it is stuck by pressure small, and the crushed casting defect cannot serve as a defatigation origin, if it is made to distribute this operation by hot rolling -- fatigue strength -- the abbreviation half of tensile strength -- becoming -- it becomes the fatigue strength which does not have variation by the defect of the surface section of the abbreviation half of tensile strength like forged-steel material (fatigue strength serves as the abbreviation half of tensile strength in this operation by hot forging even if it is an ingot)

[0027] If heat roll processing is given, in a heating part, the thermal stress at the time of returning from an elevated temperature to ordinary temperature (based on air cooling) and an organization transformation will arise with the operation which makes a defect which was described above stick by pressure, and, on the other hand, the compression residual stress and work hardening by local (plasticity) deformation will happen to a roll processing part like the effect of cold roll processing. Therefore, supposing it uses it in the state [having given heat roll processing], shipping, an on-the-strength guarantee will become difficult by these complicated affectors. Then, after heat roll processing, by [aforementioned] carrying out SR processing, all affectors are cleared and it prepares about uniform base material intensity. Of course, the casting defect stuck by pressure is not opened again, though natural.

[0028] As heating temperature in the case of heat roll processing, 1000 degrees C or more are required of the skin temperature of the fillet section, this temperature condition is the temperature equivalent to the softening temperature of steel casting, and the range of 1000-1200 degrees C is suitable for it. On the other hand, although it is conditions that it is two or more [400kg //mm] in ordinary temperature Hertz planar pressure conversion as the welding pressure by the work roll 7 and the back up roll 5 is mentioned above Even when [this] 400kg /of values of 2 carries out roll processing in ordinary temperature mm, the fatigue strength of the steel-casting base material with which a quite large casting defect exists as drawing 7 shows It is the value which can fully give required intensity and can carry out composition deformation in the depth from the fillet section front face at the time of taking into

consideration the stress concentration of the crankshaft fillet section. It is the value which about 10mm deforms plastically under a front face generally (in the case of the crankshaft of the processing equipment concerning the gestalt of operation of this invention). Therefore, although based also on the deformation-resistance value of the base material by temperature, since the defect of near to which fatigue strength is reduced greatly is fully stuck by pressure, naturally it is thought that fatigue strength improves. If this welding pressure is increased, although the sticking-by-pressure effect is expectable to a still deeper part, in the crankshaft configuration of the processing equipment concerning the drawing 1 illustration implementation gestalt, about [400kg //mm] two are a upper limit in consideration of the restrictions from an equipment side.

[0029]

[Example] after [which clarifies the effect of the fatigue strength reinforcement processing method of the crankshaft made from steel casting concerning this invention] tensile strength's having used 57kg /of substance crankshafts of 2 as the test piece mm accumulating and performing the above-mentioned processing processing, it applied to the testing machine and the fatigue test was performed The result of the examination is shown below. In this case, the skin temperature of 1000 degrees C, and the welding pressure of 400kg/mm, under the conditions of 2, after the substance crankshaft performed fillet roll processing with heat roll processing equipment, it performed the fatigue test, it having carried out SR heat treatment for residual-stress release, and having covered this substance crankshaft by which SR heat treatment was carried out over the testing machine, and checked fatigue strength. In addition, the used testing machine is a resonated type fatigue tester illustrated to drawing 4 , and is equipment which adds vibration and gave bending stress to the crankshaft made from steel casting which is a test piece.

[0030] The test result of fatigue strength is as being shown in drawing 3 , and it is clear fatigue strength's of the substance crankshaft which carried out heat roll processing to have the value equivalent to a rolled stock and forged-steel material, and to hold high fatigue strength as compared with steel casting (plotted by the white trigonum mark) which does not carry out heat roll processing so that it may plot by the black trigonum mark.

[0031]

[Effect of the Invention] this invention is carried out with a gestalt which was explained above, and does so an effect which is indicated below.

[0032] Performing high-frequency induction heating, by carrying out heat roll processing, also in a crankshaft, the casting defect the front face of the fillet section and near the front face can be stuck by pressure, and, according to this invention, the fatigue strength of a steel-casting base material can be raised to a region equivalent to the rolled stock of this on-the-strength level (tensile strength), and forged-steel material so that clearly also from the result of the above-mentioned example of an experiment. And the further short-time heating is possible and, as for the heating time by high-frequency-heating equipment, improvement in a quality side and the field of productivity is achieved by change of configurations, such as the length of a heating coil, and the distance of a heating component and a heating coil and change of frequency.

[0033] As mentioned above, it is possible by performing heat roll processing quickly to improve the fatigue strength and variation of a steel-casting base material, and to provide a mechanical strength with a reliable crankshaft easily, performing heating at high temperature.

[Translation done.]